

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : **2 608 784**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **86 18093**

(51) Int Cl^e : G 02 B 6/26; H 04 B 9/00; G 02 F 1/17.

(12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

(22) Date de dépôt : 23 décembre 1986.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 25 du 24 juin 1988.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(71) Demandeur(s) : Société dite : THOMSON-CSF. Société
Anonyme. — FR.

(72) Inventeur(s) : Jean-Pierre Le Pesant, Michel Hareng et
Annick Romann, Thomson-CSF SCPI.

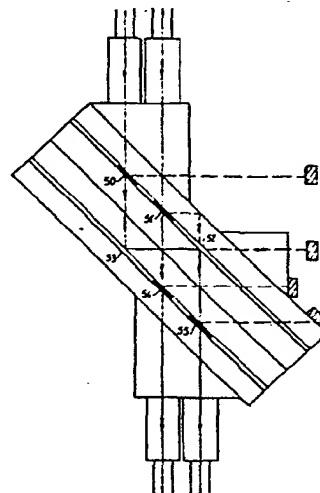
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : René Lardic, Thomson-CSF, SCPI.

(54) Dispositif de commutation optique à plusieurs entrées et plusieurs sorties.

(57) Dispositif de commutation optique comportant deux es-
paces capillaires 1, 6 définis par des lames et contenant deux
fluides que l'on peut déplacer électriquement. L'un des fluides
à le même indice que les lames. Ce fluide placé sur le trajet
d'un faisceau d'entrée FE1 permet sa transmission. Tandis
qu'en son absence, le faisceau est réfléchi. Ce dispositif per-
met ainsi d'établir des communications entre plusieurs entrées
et plusieurs sorties.

Application à la commutation de fibres optiques en
télécommunication.



FR 2 608 784 - A1

DISPOSITIF DE COMMUTATION OPTIQUE A PLUSIEURS ENTREES ET PLUSIEURS SORTIES

La présente invention se rapporte aux dispositifs de commutation rapide de plusieurs faisceaux lumineux, en particulier lorsque ces faisceaux lumineux transportent des informations codées. Une des applications particulières de l'invention est la commutation de lumière entre des fibres optiques.

5 Parmi les dispositifs de l'art connu, on peut citer des structures où la déviation spatiale d'un faisceau optique est effectuée par des miroirs constitués par des lames semi-réfléchissantes qui introduisent des pertes et dont les dimensions ne sont pas négligeables (à peine inférieures au centimètres carré). On connaît également des
10 dispositifs où la déviation de faisceaux lumineux est provoquée par la réflexion totale de la lumière dans des cristaux électro-optiques. L'inconvénient de ces dispositifs réside dans le cristal lui-même, en général du niobate de lithium qui, pour des questions de pureté, n'est
15 disponible qu'en petites dimensions ce qui implique que le pas des électrodes qu'il supporte et qui servent à lui appliquer un champ électrique de commande soit très petit. Par conséquent, les dispositifs à cristaux électro-optiques nécessiteront des systèmes optiques importants. En outre, le cristal réagit faiblement au champ
20 électrique ce qui implique des tensions de commande importantes.

En vue de résoudre ces difficultés des dispositifs permettant la commutation à l'aide de fluides commandés électriquement sont décrits dans les demandes de brevets français numéros 83.11074 déposée le 4 juillet 1983 et 83.16793 déposée de 21 octobre 1983.

25 Ces dispositifs proposent d'utiliser les mouvements de très petits volumes de liquide, commandés électriquement, sans intervention d'organes mécaniques mobiles, pour modifier localement les conditions de réfraction rencontrées par les faisceaux lumineux qui se propagent dans le dispositif. Ces modifications de réfraction
30 permettent de modifier la direction des trajets des faisceaux lumineux et de réaliser ainsi la commutation entre diverses voies de

propagation, notamment entre les fibres optiques. Il est alors possible de réaliser des dispositifs de commutation comportant des moyens de commande électrique de déplacement de liquide qui permettent de faire couler de très petits volumes de ce liquide sous forme de lames ou de globules d'une région à une autre sous l'action de forces motrices d'origine électrique dues à des variations locales de champ électrique consécutives à l'application, sur des électrodes de contrôle, d'échelons de tension. La distance entre les électrodes d'application de champ électrique peut être, dans cette utilisation, de l'ordre de la dizaine de micromètres. Pour faciliter la réalisation pratique et pour ne pas diaphragmer excessivement les faisceaux lumineux, il est avantageux de disposer d'électrodes transparentes au rayonnement lumineux en question.

On trouvera des exemples de réalisation de dispositifs à déplacement de liquide permettant de mettre en oeuvre de tels dispositifs de commutation dans les demandes de brevets français suivantes :

- numéro 83.04745 déposé le 23 mars 1983 ;
- numéro 83.10914 déposée le 30 juin 1983 ;
- numéro 83.16794 déposée le 21 octobre 1983 ;
- numéro 84.04107 déposée le 16 mars 1984.

Les dispositifs connus permettent de coupler une entrée de ces dispositifs à une sortie, voire à une sortie choisie parmi plusieurs.

Cependant, dans les dispositifs de commutation il est souhaitable de pouvoir coupler une entrée choisie parmi plusieurs à une sortie choisie parmi plusieurs et d'établir plusieurs communications simultanément.

La présente demande de brevet concerne un dispositif de commutation optique à déplacement de lame diélectrique liquide qui utilise des éléments de commutation situés en cascade sur le trajet des faisceaux lumineux pour obtenir, d'une part, l'isolement des voies optiques et d'autre part une très bonne extinction de chaque voie de sortie quand cela est demandé par l'utilisateur.

L'invention s'applique au domaine du transport de données par

fibres optiques, monomodes ou multimodes, large bande avec possibilité de multiplexage en fréquence, et plus précisément à la réalisation de dispositifs de commutation multiples comportant plusieurs sorties, que l'on souhaite pouvoir relier les unes aux autres avec un niveau de diaphonie aussi faible que possible.

5

Le domaine concerné en particulier est celui de la commutation optique entre fibres optiques par la technologie dite de "déplacement de lame diélectrique liquide". Dans cette technologie, la commutation est obtenue par interposition ou retrait (commandé électriquement) de faibles volumes de liquide qui suppriment ou rétablissent la réflexion totale d'un faisceau lumineux dirigé en incidence oblique sur la surface de séparation entre un premier milieu (verre par exemple) et un second milieu (gaz ou liquide).

10

L'invention concerne donc un dispositif de commutation optique d'au moins un faisceau lumineux incident par des moyens commutateurs à commande électrique, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un premier et un deuxième espaces de confinement définis chacun par des éléments transparents, chaque espace contenant au moins un premier et un deuxième fluides non miscibles de permittivités diélectriques différentes et d'indices de réfraction différents, chaque espace de confinement comportant des moyens inducteurs d'un gradient de champ électrique faisant converger le fluide ayant la plus forte permittivité vers une région de l'espace de confinement soumis au champ électrique ; des moyens optiques d'entrée permettant de transmettre ledit faisceau lumineux incident jusqu'au premier espace de confinement selon un angle différent de $\pi/2$ par rapport à l'espacement de confinement.

15

20

25

30

Les différents objets et caractéristiques de l'invention apparaîtront plus clairement dans la description qui va suivre faite à titre d'exemple en se reportant aux figures annexées qui représentent :

- les figures 1 et 2, un exemple simplifié, selon l'art connu, d'un dispositif de commutation ;
- la figure 3, un exemple d'un dispositif de commutation de

l'art connu permettant de coupler une entrée à une sortie choisie parmi plusieurs ;

- les figures 4 et 5, un exemple de réalisation selon l'art connu, du dispositif des figures 1 et 2 ;

5 - les figures 6 à 9, un exemple de réalisation d'un dispositif de commutation à deux entrées et deux sorties selon l'invention ;

- les figures 10 à 13, une variante de réalisation d'un dispositif de commutation à deux entrées et deux sorties selon l'invention ;

10 - la figure 14, une autre variante de réalisation d'un dispositif de commutation à trois entrées et trois sorties dérivée de la variante de réalisation des figures 10 à 13.

15 En se reportant aux figures 1 et 2, on va tout d'abord décrire un exemple simplifié de dispositif de commutation connu dans la technique dont un exemple de réalisation est donné dans la demande de brevet N° 83.16793 déposée le 21 octobre 1983.

20 Ce dispositif comprend deux plaques rigides de confinement 12 et 13, par exemple en verre, délimitant un espace capillaire 1 défini par les cales d'épaisseur 10. Les faces internes des plaques 12 et 13 ont subi une préparation qui consiste en des nettoyages appropriés et des dépôts de surface qui doivent éviter la formation de films capillaires par le liquide dont on souhaite contrôler électriquement le déplacement. Les électrodes de commande sont constituées d'un couple d'électrodes 15 et 16 et d'un couple d'électrodes 17 et 18. Elles sont reliées à un générateur de tension non représenté suscep-
25 tible de fournir une différence de potentiel entre les électrodes de chaque couple. Le dispositif comprend un globule 4 à déplacer dans un second fluide qui peut être de l'air. Le globule 4 est choisi parmi les hydrocarbures tels que des alcanes comprenant de 5 à 25 atomes de carbone, des cétones ou des dérivés nitrés. Sur les faces
30 extérieures des plaques 12 et 13 sont collés des prismes à réflexion totale 2 et 3. Un faisceau lumineux F1 est envoyé sous incidence oblique en direction de l'électrode 17. L'obliquité du faisceau F1 est choisie de façon à permettre la possibilité d'une réflexion totale sur la face interne de la lame 12. Le faisceau F1 traverse le prisme 2 et

parvient sur la face interne de la lame 12. Deux cas peuvent alors se produire suivant la nature du fluide compris entre les électrodes 17 et 18.

5 Le faisceau F1 est réfléchi en un faisceau F3 lorsque le volume contrôlé par les électrodes 17 et 18 est occupé par un gaz tel que l'air dont l'indice de réfraction optique est de l'ordre de 1, alors que celui du verre de la lame 12 est de l'ordre de 1,5. C'est ce qui est représenté à la figure 1.

10 Si le volume contrôlé par les électrodes 17 et 18 est occupé par le globule 4 initialement situé entre les électrodes 15 et 16, l'indice de réfraction de cette région passe à une valeur qui est typiquement comprise entre 1,4 et 1,7. Dans ces conditions, la réflexion totale sur la face interne de la lame de verre 12 est supprimée et le faisceau F1 est transmis en un faisceau F2 comme le montre la figure 2.

15 La commande électrique du dispositif représenté aux figures 1 et 2 se fait de la façon suivante. Sans excitation électrique, le globule reste dans la position où il se trouve et le faisceau F1 est réfléchi en un faisceau F3 (c'est par exemple le cas de la figure 1).
20 Si l'on applique une différence de potentiel entre les électrodes 17 et 19 et que le champ électrique qui y est alors induit est suffisant, le globule vient se placer entre ces électrodes et y restera après suppression du champ électrique. Le faisceau F1 est alors transmis en un faisceau F2. Pour que le globule reparte entre les électrodes
25 15 et 16, il faut inverser le processus de commande. C'est bien d'un dispositif de commutation optique à commande électrique dont on dispose.

30 Ce dispositif est formé par l'association de plusieurs éléments qui déterminent des interfaces qui, comme on le sait, favorisent les réflexions parasites. On peut diminuer le nombre des éléments composant le dispositif de commutation en gravant les électrodes directement sur les prismes. D'autre part, la gravure des électrodes peut être suffisamment mince pour ne pas introduire trop de perturbations. Ces réflexions sont particulièrement nuisibles lorsque

le faisceau lumineux est transmis par l'intermédiaire d'un globule. En effet, l'adaptation d'indice, entre les divers éléments situés sur le trajet du faisceau lumineux à transmettre, n'étant pas parfaite, il existe des réflexions parasites aux interfaces globule-électrodes ou prismes. Dans ce cas, représenté à la figure 2, un faisceau lumineux incident F1 sera transmis en un faisceau de sortie F2 avec apparition d'un faisceau parasite f3 qui n'est pas négligeable dans toutes les applications.

Si le faisceau incident 7 est destiné à être commuté vers un faisceau F3 comme l'indique la figure 1, le problème d'un faisceau parasite ne se pose pas. En effet, si les prismes à réflexion totale sont bien réalisés, la quantité de lumière transmise vers une direction f2 est pratiquement nulle. Le problème à résoudre est donc l'élimination des réflexions parasites dans le cas d'un faisceau transmis par l'intermédiaire d'un fluide.

Le dispositif de commutation décrit dans la demande de brevet français 83.16793 déjà citée permet de résoudre cette difficulté.

La figure 3 décrit schématiquement, à titre d'exemple, une telle structure de commutateur optique. La structure est formée par l'association de deux prismes à réflexion totale agencés de façon à satisfaire les conditions de propagation d'un faisceau lumineux comme il a été défini plus haut. Le prisme 3 et le prisme 2 dont le sommet a été tronqué et dont la face 40 a été polie, définissent un espace capillaire où un fluide est susceptible d'être déplacé par commande électrique. A cet effet, des électrodes, disposées par couples, sont gravées sur les faces internes des prismes. Pour une structure à cinq sorties, par exemple, il faut disposer de cinq couples d'électrodes 17 à 21. Par commande électrique un globule diélectrique 4 peut être déplacé successivement d'un couple d'électrodes à un autre couple pour aboutir entre le couple d'électrodes situé sur le trajet voulu du faisceau lumineux. La figure 3 montre un exemple de commutation possible pour un faisceau lumineux F1 entrant perpendiculairement à une face du prisme 2 et dont les conditions de réflexion totale sur la face interne de ce prisme sont

respectives. Le faisceau lumineux subit une cascade de réflexion sur la face interne du prisme 2 et sur sa face 20 qui satisfait également aux conditions de réflexion totale. Le faisceau lumineux est transmis lorsque la continuité des indices de réfraction des milieux qu'il rencontre est assurée. C'est ainsi qu'il traverse le globule 4 situé
5 entre le couple d'électrodes 20 pour constituer un faisceau F2 qui sort du prisme 30. Les réflexions parasites de lumière, représentées en traits pointillés fléchés, se produisant à l'interface prisme 6-globule 4 sont alors évacuées hors du prisme 2 dans une direction f3
10 autre que celles des sorties envisagées pour le faisceau lumineux.

Pour être adaptés à la commutation de faisceaux lumineux par fibres optiques les dispositifs précédents sont arrangés comme cela est représenté en figures 4 et 5.

Selon ces dispositifs, une fibre d'entrée FI1 est couplée au prisme 2 et deux fibres de sortie FI2 et FI3 sont couplées de façon à
15 recevoir, pour l'une, par transmission, un faisceau transmis par la fibre FI1 (c'est le cas de fonctionnement de la figure 4) et, pour l'autre, par réflexion, le même faisceau (c'est le cas de fonctionnement de la figure 5).

Les dispositifs ainsi décrits et connus dans la technique ont des domaines d'application restreints. En effet les possibilités de couplages simultanés de plusieurs fibres sont limitées.
20

Ces dispositifs ne permettent le couplage que d'une seule entrée à une sortie choisie parmi plusieurs. La capacité de commutation d'un tel commutateur est donc faible.
25

Selon l'invention, on prévoit un dispositif permettant d'accroître les possibilités de commutations simultanées.

En se reportant aux figures 6 à 9 on va décrire un dispositif de commutation à deux entrées et deux sorties.

Ce dispositif comporte deux espaces capillaires 1 et 6 disposés
30 parallèlement et délimités respectivement par les lames 12 et 13, d'une part, et les lames 62, 63 d'autre part. Une lame à faces parallèles 7 est placée entre les lames 13 et 62 de façon à séparer nettement les espaces capillaires et séparés de ce fait les point de

commutation. Les prismes d'entrée et de sortie 2 et 3 des faisceaux sont placés de part et d'autre de l'ensemble de ces lames accolées.

Les lames 12, 13, 62, 63 et 7 ainsi que les prismes 2 et 3 sont en matériau transparent tel que du verre.

5 Dans les espaces capillaires 1 et 6 sont placées les gouttes de fluide de commutation. Les gouttes de fluides ont un indice de réfraction sensiblement égal à celui des lames 12, 13, 62, 63. Ces gouttes de fluide peuvent être amenées en des zones de commu-
10 43. Sur les figures 6 à 9, si un liquide de commutation est situé aux points 40 à 43, là où les zones correspondantes sont marquées d'un trait plus épais, un faisceau incident est transmis en raison de l'égalité des indices du liquide et des lames, tandis qu'en l'absence du liquide, le faisceau incident est réfléchi en raison de la différence
15 relative des indices de réfraction des lames et de l'air.

Les figures 6 à 9 représentent quelques exemples de possibilités de commutation possibles.

Sur la figure 6, un faisceau F1 dirigé sur le point 40 est transmis par une goutte de liquide situé dans l'espace capillaire 1 et atteint le point 43. Au point 43, en l'absence de liquide à cet endroit
20 dans l'espace capillaire 6, le faisceau est réfléchi vers le point 41. La présence d'un liquide au point 41 permet la transmission d'un faisceau F2 qui sort du dispositif.

Sur la figure 7, un faisceau F1 dirigé sur le point 40 est transmis par une goutte de liquide situé dans l'espace capillaire 1 et atteint le point 43. Au point 43, la présence de liquide à cet endroit
25 dans l'espace capillaire 6, permet la transmission d'un faisceau F4 qui sort du dispositif.

Sur la figure 8, un faisceau F1 dirigé sur le point 42 est transmis par une goutte de liquide situé dans l'espace capillaire 6 et atteint le point 40. Au point 40, en l'absence de liquide, le faisceau
30 est réfléchi vers le point 43. En l'absence de liquide au point 43, le faisceau est réfléchi vers le point 41. La présence d'un liquide au point 41 permet la transmission d'un faisceau F2 qui sort du

dispositif.

Sur la figure 9, un faisceau F1 dirigé sur le point 42 est transmis par une goutte de liquide situé dans l'espace capillaire 6 et atteint le point 40. Au point 40, en l'absence de liquide à cet endroit dans l'espace capillaire 1, le faisceau est réfléchi vers le point 43. La présence d'un liquide au point 43 permet la transmission d'un faisceau F4 qui sort du dispositif.

Le dispositif de commutation : figures 6 à 9 permet la connexion de deux entrées optiques du dispositif à deux sorties.

De plus, l'invention prévoit d'augmenter le nombre de communications simultanées et de permettre, par exemple, dans un dispositif à deux entrées et deux sorties, l'établissement de deux communications en connectant chaque entrée à une sortie ce qui permet une accessibilité totale entre entrées et sorties.

La figure 10 représente un exemple de réalisation d'un tel dispositif.

Ce dispositif comporte comme précédemment deux espaces capillaires 1 et 6 disposés parallèlement et délimités respectivement par des lames 14, 15 et 16, 17. Les lames 15 et 16 peuvent être une même lame. Dans les espaces capillaires 1 et 6 sont placés des fluides de commutation. De part et d'autre de l'empilement de lames sont couplées les extrémités de circuits optiques d'entrée et de sortie tels que des fibres optiques E1, E2 et S1, S2, de telle façon que l'une des fibres d'entrée (E2) soit dans le prolongement de l'une des fibres de sortie (S1). Les autres fibres (E1 et S2) sont situées de part et d'autre de l'axe commun des fibres E2 et S1 et espacées de ces fibres de façon que par commutation optique, comme cela va être expliqué, la fibre E1 puisse être couplée à la fibre S1 et la fibre E2 à la fibre S2.

Des prismes d'entrée et de sortie 2 et 3 associés par leur hypoténuse aux lames 14 et 17 permettent un couplage aisé des extrémités des fibres.

Pratiquement, les lames de verre 14 à 17 et les prismes seront fabriqués dans un même matériau tel que du verre.

Les fibres d'entrée E1 et E2 sont susceptibles de transmettre des faisceaux lumineux d'entrée FE1 et FE2. Ces faisceaux atteignent l'espace capillaire 1. En l'absence de liquide (ou de fluide) de même indice de réfraction que les lames 14 et 15, sur le trajet de ces faisceaux lumineux, ceux-ci sont réfléchis. Le faisceau FE1 est
5 réfléché au point 50 sous la forme d'un faisceau FP1 vers un dispositif d'absorption 9, absorbant le rayonnement et évitant de perturber le fonctionnement du dispositif.

Le faisceau lumineux FE2 est réfléché au point 51 puis réfléché, selon l'exemple de réalisation de la figure 10, par la face
10 extérieure 18 de la lame 14, et à nouveau réfléché au point 52 pour donner lieu à un faisceau FP2 qui est transmis à un dispositif d'absorption 8. Il est à noter qu'un prisme 30 évite une réflexion supplémentaire.

Le cas de fonctionnement de la figure 10 correspond donc à un
15 cas d'absence de commutation entre les fibres d'entrée et les fibres de sortie.

En se reportant à la figure 11, on va maintenant décrire un premier exemple de fonctionnement permettant de mettre en
20 communication la fibre E1 et la fibre S1.

Pour cela, des moyens de commande électrique non représentés commande la mise en place (par déplacement) aux points 50 et 53 de fluides ayant sensiblement le même indice de réfraction que les lames de verre entourant les espaces capillaires 1 et 6.

Une goutte de fluide au point 50 permet la transmission du
25 faisceau FE1 vers le point 53. Une goutte de fluide au point 53 permet également la transmission de ce faisceau qui est réfléché par la face extérieure 19 de la lame 17. L'absence de fluide au point 54 commande la réflexion du faisceau vers la fibre de sortie S1. La
30 fibre d'entrée E1 et la fibre de sortie S1 ont donc été mises en communication.

Par contre, en raison de l'absence de fluide aux points 51 et 52 de l'espace capillaire 1, le faisceau FE2 n'est pas transmis vers une fibre de sortie et comme précédemment est réfléché vers le dispo-

sitif d'absorption 8.

De plus, sur la figure 11, on a représenté quelques exemples de réflexions parasites montrant l'utilité des dispositifs d'absorption prévus dans le dispositif.

5 Ainsi à l'interface lame de verre 14-fluide au point 50, le faisceau FE1 est partiellement réfléchi et une partie fp1 est réfléchie au dispositif d'absorption 9. Une partie de ce faisceau également réfléchie à l'interface entre la lame 14 et le prisme 2 vers le dispositif d'absorption 8 (faisceau parasite fp3). Au point 53
10 également, une réflexion parasite peut être observée et donne lieu au faisceau fp2 qui est absorbé par un dispositif d'absorption.

En se reportant aux figures 12 et 13 on va décrire des exemples de fonctionnement dans lesquels deux communications sont établies simultanément.

15 Selon l'exemple de la figure 12, la fibre E1 est mise en communication avec la fibre S1 et la fibre E2 est mise en communication avec la fibre S2. Pour cela, dans l'espace capillaire 1, une goutte de fluide est placée au point 50 et une autre goutte de fluide est placée dans l'espace 6 au point 53 tandis qu'au point 54 il n'y a
20 pas de fluide. Le faisceau lumineux provenant de la fibre E1 est donc transmis par les gouttes de fluide situées aux points 50 et 53 puis réfléchi au point 54 vers la fibre de sortie S1.

En ce qui concerne l'acheminement du faisceau lumineux provenant de la fibre E2, dans l'espace de confinement 1, au point 51
25 il n'est pas placé de fluide tandis qu'au point 52 il est placé une goutte de fluide. Dans l'espace de confinement 6, au point 55, il est placé une goutte de fluide. Le faisceau lumineux provenant de la fibre E2 est donc réfléchi au point 51, puis par la face 18 et il est transmis par les gouttes de fluide des points 52 et 55 vers la fibre de
30 sortie S2.

L'exemple de fonctionnement de la figure 13 illustre la mise en communication de la fibre E1 avec la fibre S2 et de la fibre E2 avec la fibre S1.

Pour cela, des gouttes de fluide sont placées aux points 50, 51,

54 et 55.

Un faisceau provenant de la fibre E1 est donc transmis par le point 50, réfléchi successivement aux points 53 et 52, puis transmis au point 55 vers la fibre S2.

5 Un faisceau provenant de la fibre E2 est transmis par les points 51 et 54 directement à la fibre S1.

On voit donc que le dispositif de l'invention prévoit, dans un dispositif de commutation multiple, au moins deux points de commutation optique à lame diélectrique liquide, situés en cascade selon deux plans de commutation parallèles, sur chaque trajet possible pour les faisceaux lumineux.

10 Dans une telle cascade : le premier point permet d'ouvrir ou de fermer l'entrée du faisceau lumineux véhiculé de l'information, vers le trajet choisi, le dernier point de la cascade permet d'ouvrir ou de fermer la sortie choisie.

15 Les points de commutation optique sont utilisés uniquement en transmission, ce qui permet d'éliminer, dans l'état fermé, les réflexions parasites dues à la réflexion sur les électrodes transparentes utilisées pour établir le champ électrique de commande du déplacement du liquide.

20 Une particularité de l'invention réside dans le fait qu'un point de commutation réalisé par une lame diélectrique liquide constitue, dans l'état fermé, un miroir très mince (10 à 30 μ m d'épaisseur) à double face, de sorte qu'il permet d'une part de fermer un trajet optique pour un premier faisceau, et d'autre part de donner accès à ce même trajet optique pour un second faisceau avec un excellent découplage entre les deux faisceaux. En raison de la très faible épaisseur du "miroir", le trajet du second faisceau est quasi identique à celui que suivait le premier faisceau avant fermeture du point de commutation. D'où la possibilité de faire converger au moins deux trajets optiques ayant une portion commune vers une même voie de sortie.

25 30 Les exemples de réalisation qui précèdent se sont limités à deux espaces de confinement parallèles. Cependant, l'invention

prévoit également la réalisation d'un dispositif comportant plus de deux espaces de confinement.

La figure 13 représente, par exemple, un dispositif comportant trois espaces de confinement 60, 70, 80 délimités par des lames de verre. Il comporte trois entrées E1, E2, E3 et trois sorties S1, S2, S3. Les espaces de confinement 60, 70, 80 et les entrées et sorties du dispositif ont été représentées de manière schématique et peuvent être réalisés comme cela a été décrit précédemment. Les entrées et les sorties du dispositif sont réalisées par l'intermédiaire de prismes.

L'exemple de la figure 13 illustre la mise en communication des fibres suivantes :

- fibres E1 avec fibres S3
- fibres E2 avec fibres S1
- fibres E3 avec fibres S2

Pour l'établissement de ces communications, des gouttes de fluide ont été placées aux points 61, 62, 63 de l'espace de confinement 60, aux points 71, 72, 73, 75 de l'espace de confinement 70 et aux points 81, 82, 84 et 85 de l'espace de confinement 80. Ces gouttes de fluide ont été représentées par des traits épais.

On voit donc qu'un faisceau provenant de l'entrée E1 et représenté en trait continu est transmis par les points 61, 71, 81 ; réfléchi sur la face 90, transmis par les points 82 et 73 ; réfléchi successivement aux points 64, 74, 65 ; et transmis par les points 75 et 85 à la sortie S3.

Un faisceau, représenté en trait interrompu, provenant de l'entrée E2 est transmis par les points 62, 72, 82, réfléchi successivement sur la face 90 et au point 83 vers la sortie S1.

Enfin, un faisceau représenté en trait mixte provenant de l'entrée E3 est transmis par les points 63 et 73, réfléchi par les points 83 et 74 puis transmis par le point 84 à la sortie S2.

L'exemple de fonctionnement ainsi décrit permet donc de voir que le dispositif à trois espaces de confinement de la figure 13, à trois entrées et trois sorties, permet d'établir simultanément trois

communications en couplant les fibres deux à deux. Il y a donc accessibilité totale entre les entrées et les sorties.

5 Selon l'invention on peut réaliser un dispositif ayant un plus grand nombre d'espacements de confinement et ayant un même nombre d'entrées et un même nombre de sorties. On aura alors également une accessibilité totale entre les entrées et les sorties.

10 Selon l'invention, bien que cela ne soit pas représenté, on peut réaliser un dispositif ayant un nombre d'espaces de confinement inférieur au nombre d'entrées et de sorties. On ne pourra pas alors dans tous les cas, connecter simultanément deux à deux toutes les entrées et toutes les sorties. L'accessibilité sera donc limitée. Le taux d'accessibilité déterminant le nombre d'entrées, de sorties et d'espaces de confinement fera l'objet de calculs de probabilités en fonction de la qualité de service que l'on voudra obtenir d'un tel dispositif de commutation.

15 Par exemple, dans le cas de la figure 13 on pourra décider de ne prévoir que deux espaces de confinement au lieu de trois. Dans certains cas de fonctionnement, on ne pourra donc établir que deux communications simultanément.

20 On peut également prévoir d'avoir moins de sorties que d'entrées ou inversement.

25 Néanmoins, pour que toute entrée ait la possibilité, compte-tenu du trafic, de communiquer avec toute sortie, la condition essentielle est que, les directions des faisceaux d'entrée étant inclinées par rapport aux plans des espaces de confinement ce qui détermine un sens de propagation par réflexion de l'amont vers l'aval (sur la figure 13, du haut du dispositif vers le bas) est que la dernière fibre d'entrée dans le sens aval de propagation du dispositif (c'est-à-dire la fibre E3 sur la figure 13), soit selon la même direction de propagation que la première fibre de sortie selon le sens aval de propagation du dispositif (fibre S1 sur la figure 13). A la rigueur, la première fibre de sortie peut être située plus en aval que la direction de propagation de la dernière fibre (E3), mais cela n'offrirait pas un avantage appréciable.

Les emplacements des entrées et des sorties seront espacés régulièrement en fonction de l'inclinaison des plans des espaces de confinement par rapport à la direction de propagation des faisceaux d'entrée et en fonction des épaisseurs des lames déterminant les espaces de confinement.

5

Le dispositif de l'invention offre l'avantage de permettre :

- une commutation d'une entrée parmi N entrées vers une sortie parmi M sorties ;
- la fermeture de l'une, de plusieurs, ou de toutes les voies d'entrée ;
- 10 - la fermeture de l'une, de plusieurs, ou de toutes les voies de sortie ;
- un taux d'accessibilité élevé ;
- un abaissement du niveau de diaphonie entre voies.

10

Il est bien évident que la description qui précède n'a été faite qu'à titre d'exemple et que d'autres variantes de réalisation peuvent être envisagées sans sortir du cadre de l'invention.

15

REVENDECATIONS

5 1. Dispositif de commutation optique d'au moins un faisceau lumineux incident par des moyens commutateurs à commande électrique, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un premier et un deuxième espaces de confinement (1, 6) définis chacun par des éléments transparents (14 à 17), chaque espace contenant au moins
10 un premier et un deuxième fluides non miscibles de permittivités diélectriques différents et d'indices de réfraction différents, le premier fluide permettant la transmission d'un faisceau lumineux incident et le deuxième fluide permettant sa réflexion; chaque espace de confinement comportant des moyens inducteurs d'un gradient de champ électrique faisant converger le fluide ayant la plus forte permittivité vers une région de l'espace de confinement soumis au champ électrique; les moyens optiques d'entrée (2)
15 permettant de transmettre ledit faisceau lumineux incident jusqu'au premier espace de confinement selon un angle différent de $\pi/2$ par rapport à l'espacement de confinement.

2. Dispositif de commutation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier fluide a un indice de réfraction sensiblement égal à celui des éléments transparents.

20 3. Dispositif de commutation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le deuxième fluide a un indice de réfraction inférieur à celui des éléments transparents.

4. Dispositif de commutation selon la revendication 1, caractérisé en ce que les espaces de confinement (1, 6) sont parallèles entre eux.
25

5. Dispositif de commutation selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité d'entrées (E1, E2) disposées d'un même côté par rapport aux espaces de confinement (1, 6) et une pluralité de sorties (S1, S2) disposées de l'autre côté des entrées par rapport aux espaces de confinement (1, 6).
30

6. Dispositif de commutation selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'inclinaison des faisceaux par rapport aux espaces

de confinement définit un sens de propagation de la lumière amont-aval dans le dispositif, caractérisé en ce que la dernière entrée (E2) située dans le sens en aval parmi les entrées a sa direction de propagation située en amont de la première sortie (S1) située en amont parmi les sorties.

5

8. Dispositif de commutation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le nombre d'espaces de confinement, le nombre d'entrées le nombre de sorties sont égaux.

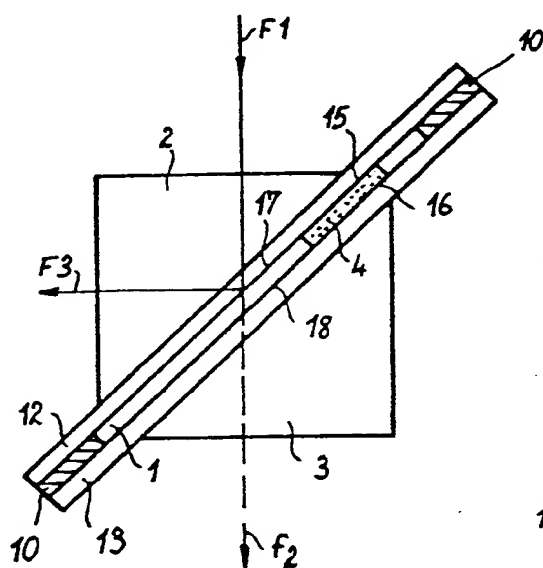
10

9. Dispositif de commutation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le nombre d'espaces de confinement est inférieur au nombre d'entrées et au nombre de sorties.

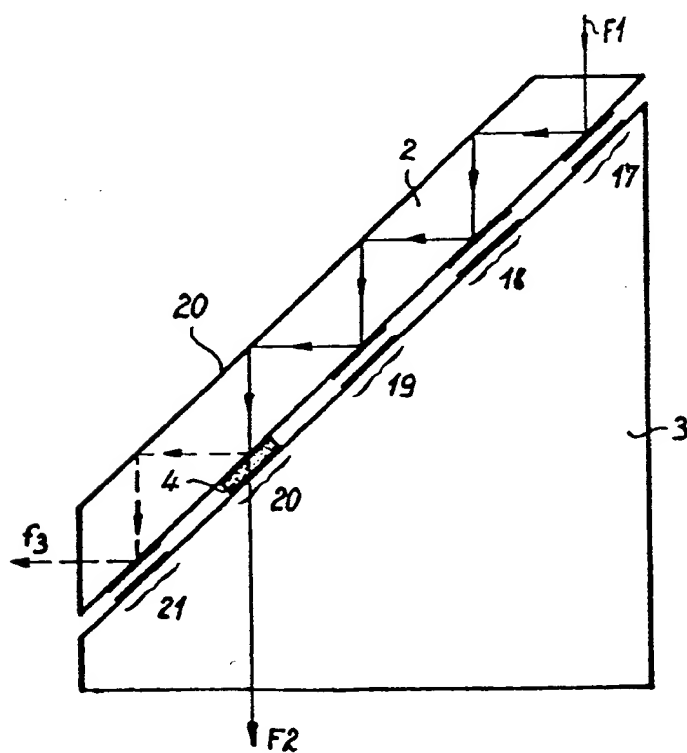
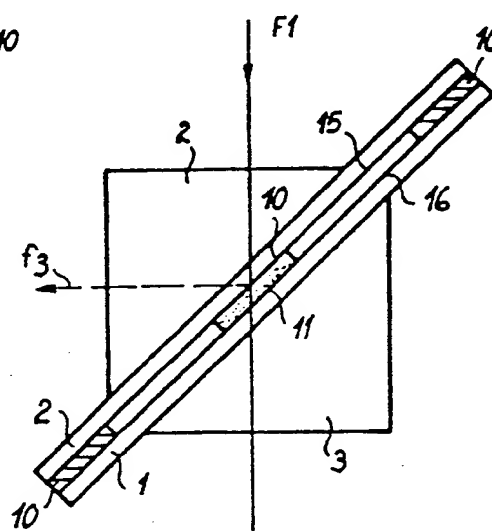
10. Dispositif de commutation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le nombre de sorties est différent du nombre d'entrées.

1/8

FIG_1



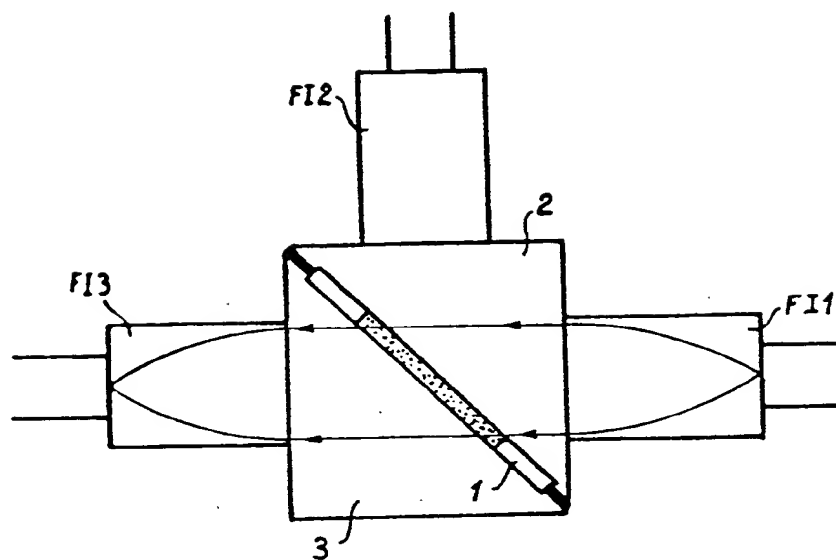
FIG_2



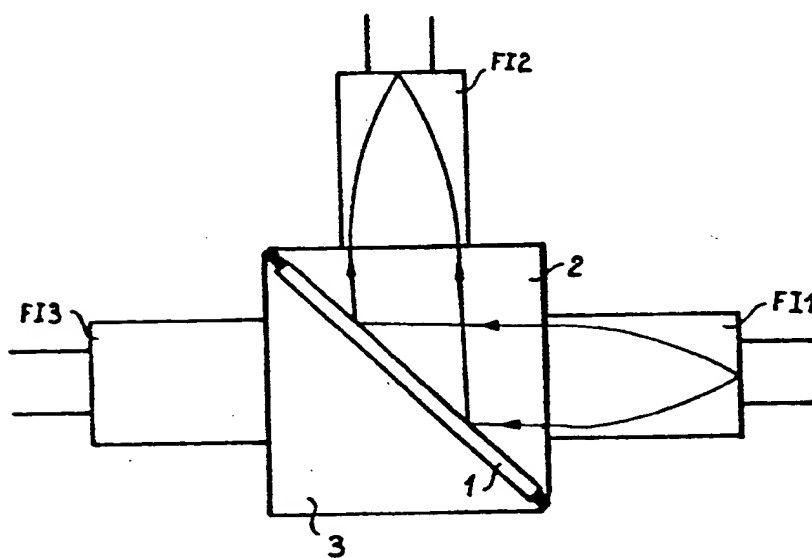
FIG_3

2/8

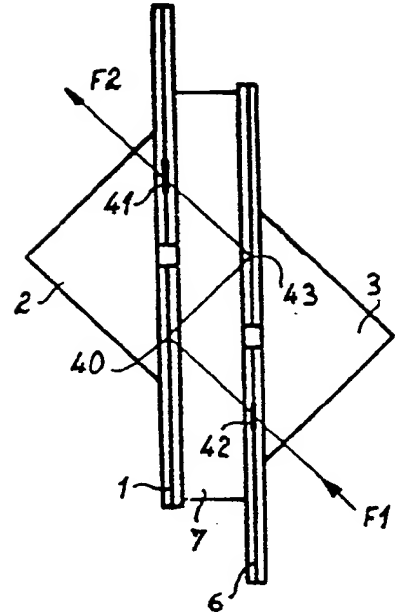
FIG_4



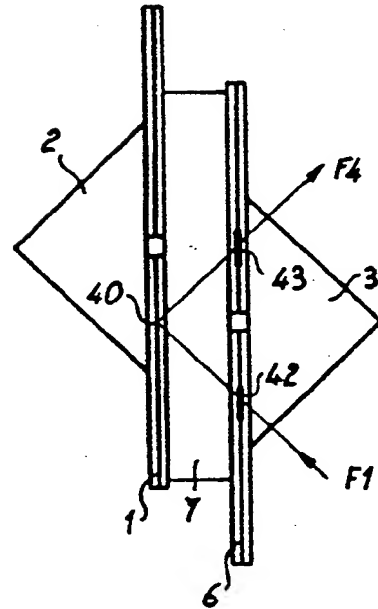
FIG_5



FIG_8

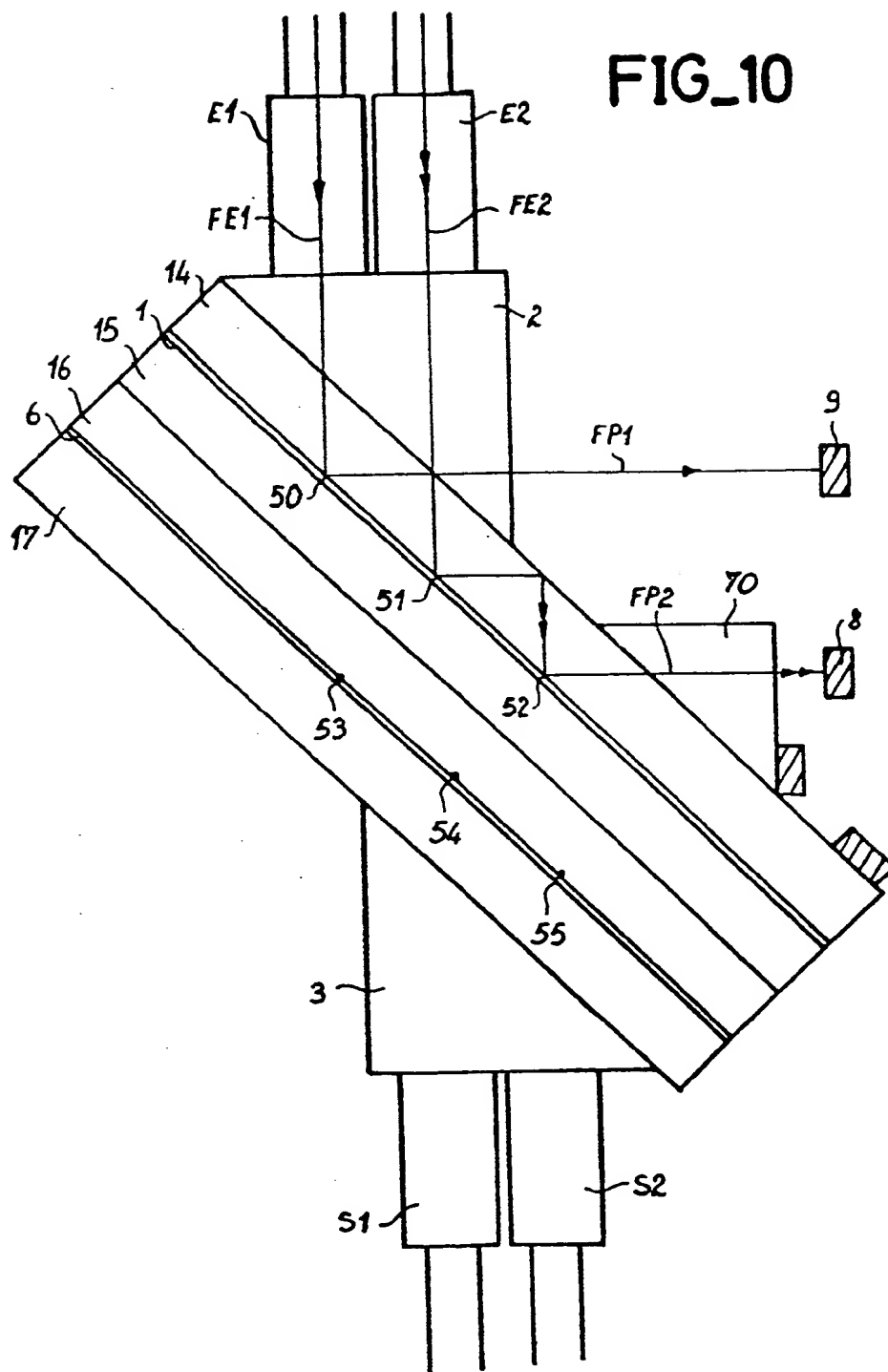


FIG_9



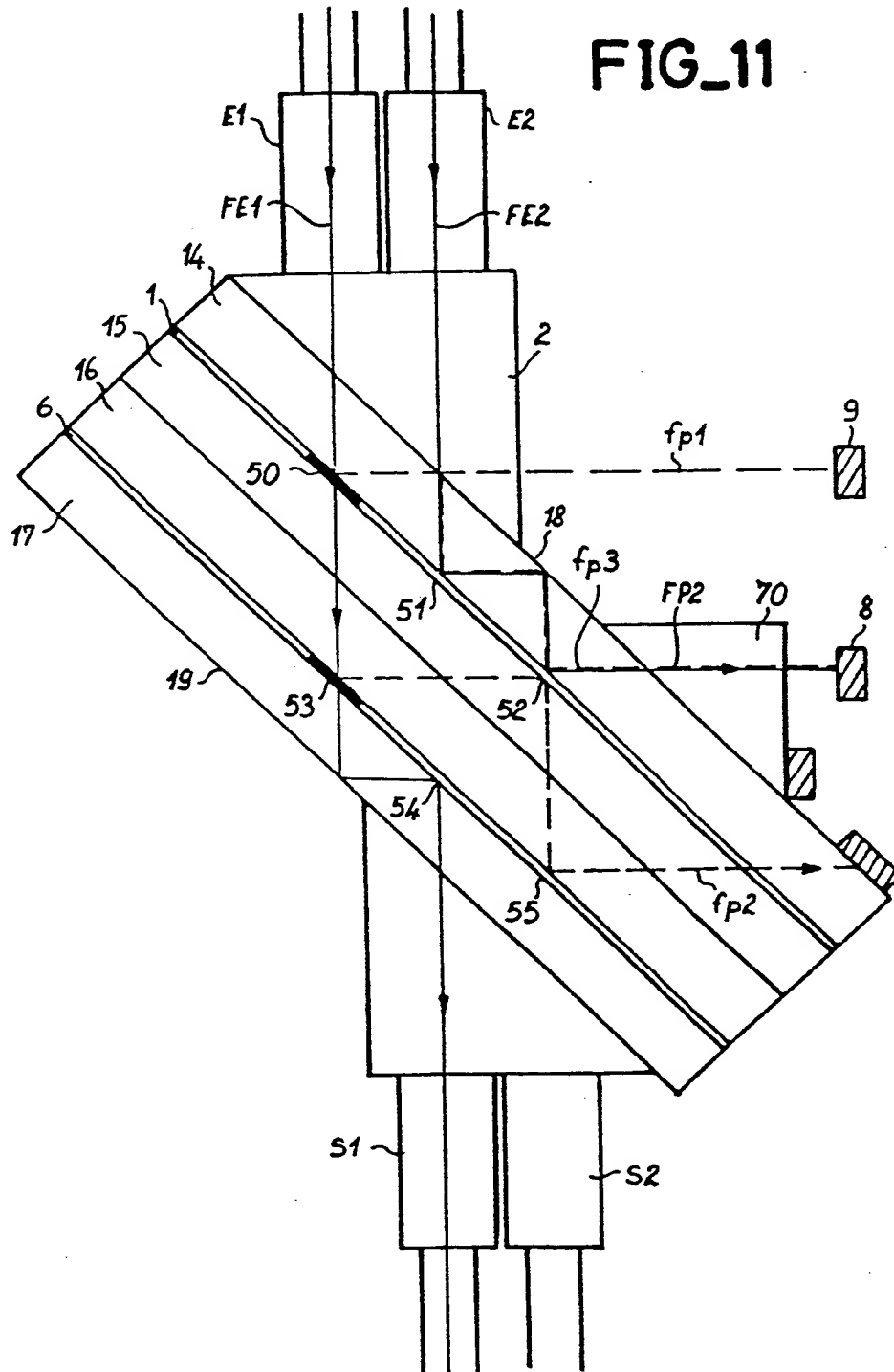
4/8

FIG 10



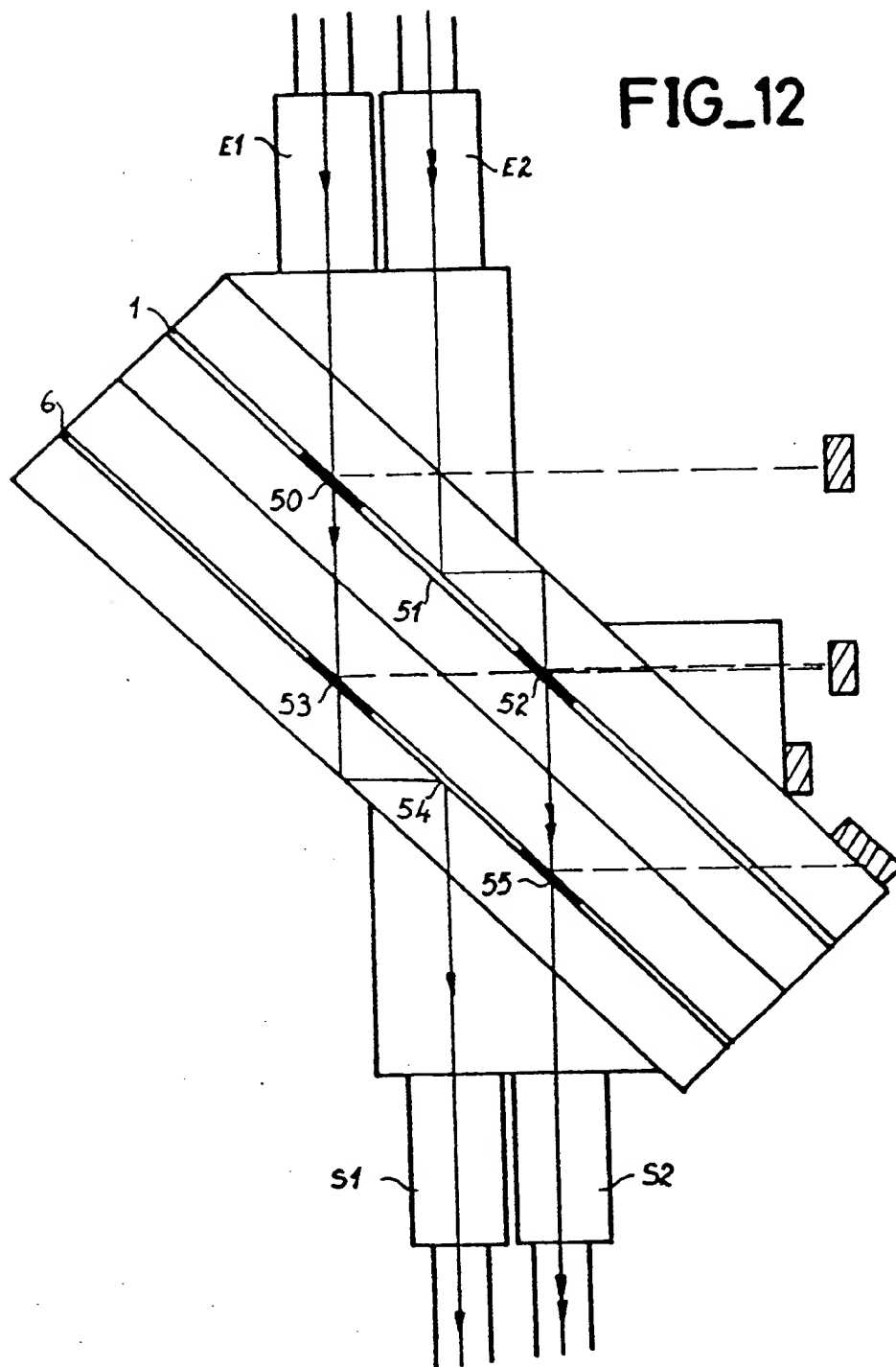
5/8

FIG. 11



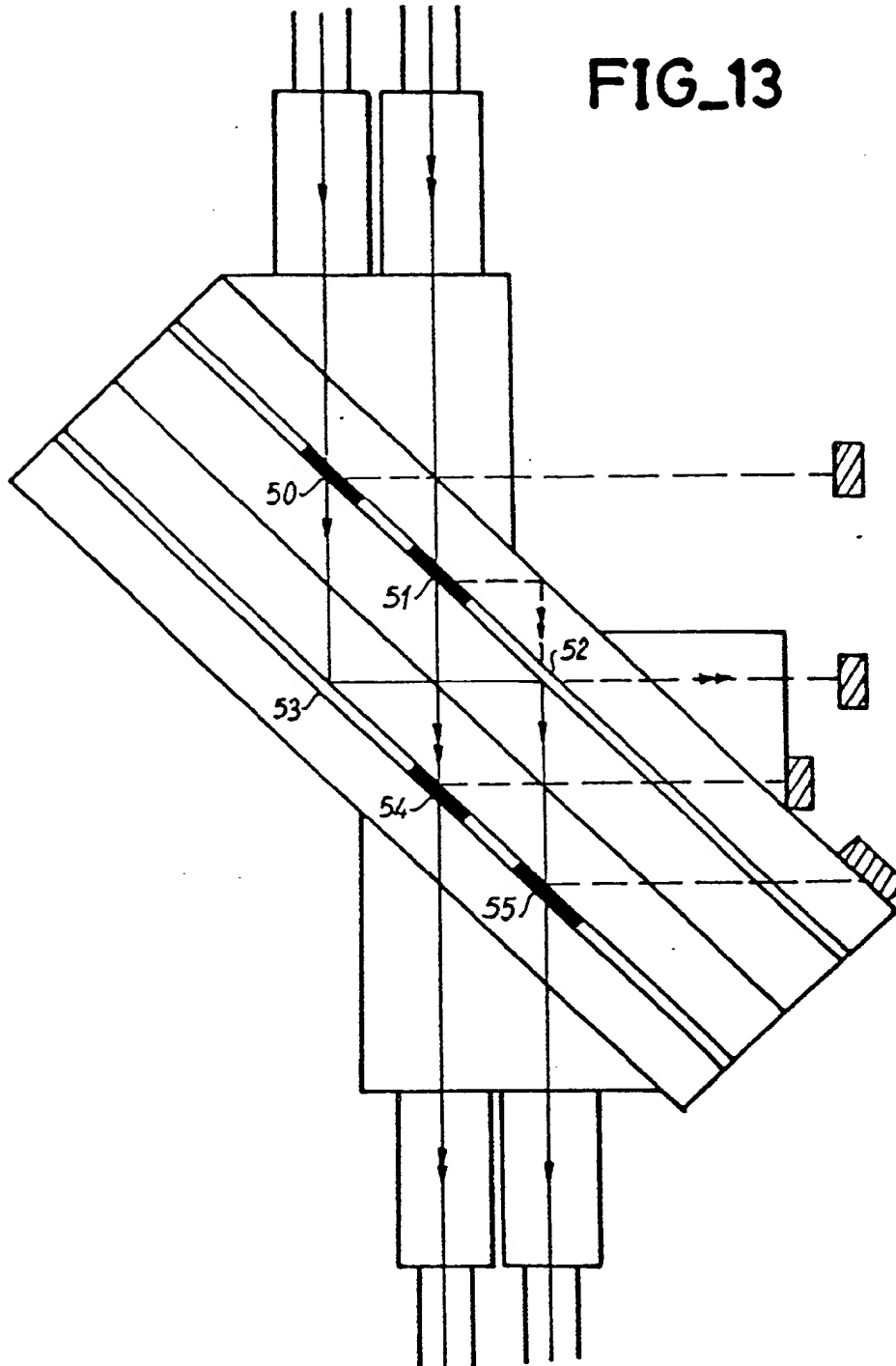
6/8

FIG_12



718

FIG_13



8/8

FIG_14

